

Список использованных источников

1. Время восхода и захода солнца в г. Екатеринбурге [Электронный ресурс]. URL: <http://voshod-solnca.ru/> (дата обращения 15.10.2016).
2. Потребление электроэнергии в ЕЭС России в 2015 году... / Официальный сайт Министерства энергетики Российской Федерации. [Электронный ресурс]. URL: <http://minenergo.gov.ru/node/3851> (дата обращения 19.10.2016).
3. Light Pollution Effects on Wildlife and Ecosystems / The official site of the International Dark-Sky Association. [Электронный ресурс]. URL: <http://darksky.org/light-pollution/wildlife/> (дата обращения 06.11.2016).
4. Falchi F., Cinzano P., Duriscoe D., Kyba C. C. M., Elvidge C. D., Baugh K., Portnov B. A., Rybnikova N. A., Furgoni R. The new world atlas of artificial night sky brightness / Science Advances, 10.06.2016 [Электронный ресурс]. URL: <http://advances.sciencemag.org/content/2/6/e1600377.full> (дата обращения 22.10.2016).
5. Горбатьук Д. А. Светодиоды в наружном освещении // Энергосвет. 2011. № 2. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.energsovet.ru/> (дата обращения 01.11.2016).
6. Эннс О. Интеллектуальные системы уличного освещения / Энергосбережение. 2008. № 1 [Электронный ресурс]. URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=3898 (дата обращения 28.09.2016).
7. Сапрыка А. В., Кравченко Ю. П. Применение ВИЭ в освещении [Электронный ресурс]. URL: <http://eprints.kname.edu.ua/40565/1/59-61.pdf> (дата обращения 28.09.2016).

УДК [662.614.2:621.362]:621.746.27

ГЕНЕРАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ И ХОЛОДА НА ТЕПЛОЫДЕЛЕНИИ ОТ ЗОНЫ ВТОРИЧНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ МАШИНЫ НЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ ЗАГОТОВОК

THE GENERATION OF THE ELECTRIC ENERGY AND COLD DISSIPATION FROM THE ZONE OF SECONDARY COOLING CONTINUOUS CASTING MACHINE

Калмыкова Н. С., Мурашова В. Н., Демин Ю. К., Матвеев С. В.
Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова,
г. Магнитогорск, kalmykvanatasha@rambler.ru

Kalmykova N. S., Murashova V. N., Dyomin U. K., Matveev S. V.
Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk

Аннотация: В работе рассмотрена тепловая работа машины непрерывного литья заготовок, предложено решение по использованию отводимого теплового потока для генерации электрической энергии и производства холода. Генерация электрической энергии возможна в случае применения органического цикла Ренкина на низкокипящих рабочих телах. В свою очередь, производство холода возможно при использовании абсорбционных холодильных машин (АБХМ).

Abstract: The article is considered thermal operation of continuous casting machine. There was suggested solution for using of exhausted heat stream to generate electricity and production of cold. Electrical power generation is possible in the case of application of the Organic Rankine cycle for low-boiling working bodies. In turn, the production of cold is possible with the use of absorption refrigerating machines (LBAC).

Ключевые слова: МНЛЗ; генерация электрической энергии; органический цикл Ренкина; производство холода; АБХМ; ЗВО.

Key words: CCM; generation of electric energy; Organic Rankine cycle; production of cold; LBAC; ZSC.

Мировое производство стали к 2015 г. достигло 1,6 млрд т и имеет устойчивую тенденцию к увеличению (рис. 1) [1]. Так, по сравнению с 2014 г., выплавка стали в 2015 г. увеличилась на 0,1 %.

В настоящее время 96 % всей производимой в мире стали разливается на машинах непрерывного литья заготовок (МНЛЗ). При этом затраты электроэнергии на собственные нужды МНЛЗ составляют 1,87 кВт·ч на каждую тонну разливаемой стали [2].

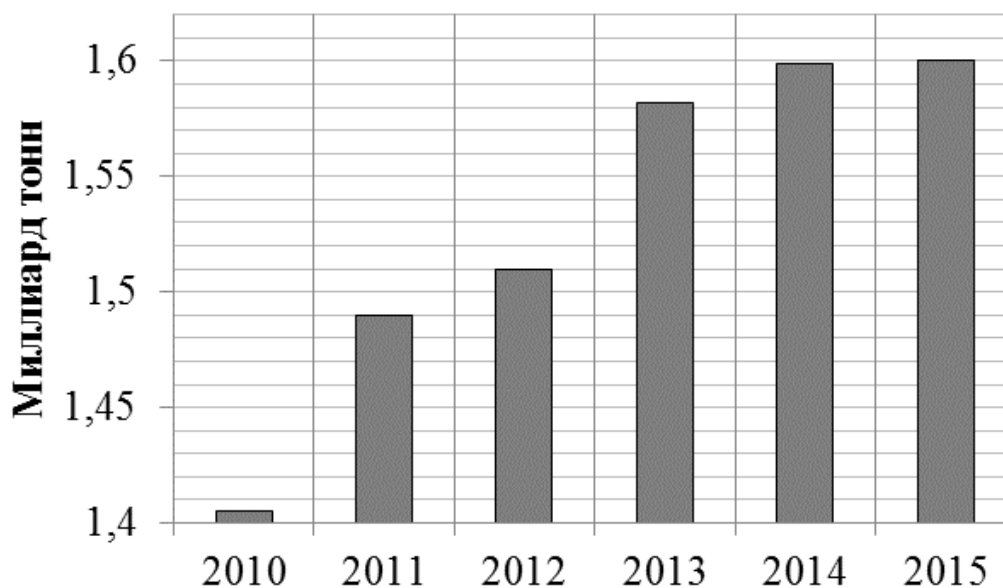


Рис. 1. График изменения производства стали в мире по годам

Следует отметить, что при разливке стали в пределах МНЛЗ отводится порядка 840 МДж/т тепловой энергии при охлаждении и затвердевании стали от 1600 °С до 800 °С, из которых 132 МДж/т отводится из кристаллизатора, а 708 МДж/т – в зоне вторичного охлаждения (ЗВО) [3]. Отвод теплоты от разливаемой стали осуществляется технической водой и воздухом на температурном уровне не превышающем 40 °С в кристаллизаторе и 100 °С в ЗВО в виде паровоздушной смеси. Вся эта теплота в настоящее время практически полностью выбрасывается в окружающую среду на градирнях и в прудах-охладителях.

Так в пределах ЗВО испаряется порядка 20 % [4] всей охлаждающей воды, а остальная часть стекает с температурой, близкой к температуре насыщения.

Таким образом, в работе была поставлена задача поиска направлений использования теплоты разливаемой стали в ЗВО МНЛЗ.

При выборе направления использования отведенной теплоты необходимо в первую очередь учитывать собственные нужды МНЛЗ:

- электрическая энергия, расходуемая на привод механического оборудования и насосов для циркуляции охлаждающего теплоносителя;
- холод для охлаждения теплоносителя, подаваемого в МНЛЗ.

Генерация электрической энергии, базирующаяся на низкотемпературных тепловыделениях МНЛЗ (100 °С), возможна в случае применения органического цикла Ренкина (ORC) на низкокипящих рабочих телах. При этом возникает задача подбора такого низкокипящего рабочего тела, которое бы обеспечивало максимальную эффективность генерации электроэнергии. Для этого был рассчитан КПД ORC на тепловыделении от МНЛЗ, при температурном уровне 100 °С. Результаты расчета представлены на рис. 2.

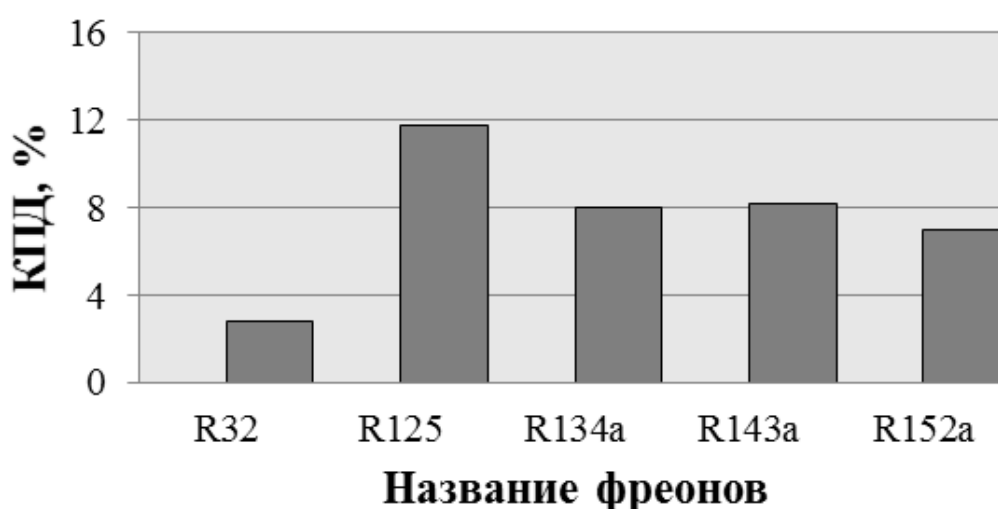


Рис. 2. Значение КПД ORC в зависимости от типа рабочего тела

Из рис. 2 видно, что из вариантов рассмотренных низкокипящих рабочих тел наивысшая эффективность ORC достигается при использовании фреона

R125, тем самым открывая возможность генерации около 13 кВт·ч электрической энергии на каждую тонну разливаемой стали при КПД ORC 10 %.

В свою очередь, производство холода возможно при использовании абсорбционных холодильных машин. Абсорбционные бромистолитиевые холодильные машины (АБХМ) производят холодную воду с температурой от 6 °С и выше, используя в качестве источника тепловой энергии водяной пар.

Основным преимуществом АБХМ является использование для выработки холода тепловой энергии низкого и среднего потенциалов. Для генерации холода в АБХМ необходима теплота с температурным уровнем выше 70 °С. Так, использование пара ЗВО МНЛЗ в АБХМ, может позволить получить холод в количестве 300 МДж/т разливаемой стали. Использование этого холода может позволить охладить всю воду после кристаллизатора от 40 °С до начальной температуры на входе 20 °С и охлаждающую воду для ЗВО. При этом возможно полностью обеспечить собственные нужды МНЛЗ по затрачиваемым энергоносителям, а излишки электроэнергии и холода использовать в тех местах металлургического производства, где необходима энергия.

Таким образом, использование теплоты, отводимой от стали в МНЛЗ, открывают возможности по генерации электрической энергии для покрытия собственных нужд или сокращения затрат на охлаждение теплоносителя, за счет производства холода.

Список использованных источников

1. Monthly crude steel production 2010 to 2015 / World Steel Association [Электронный ресурс]. URL: <http://www.worldsteel.org/statistics/statistics-archive/steel-archive.html> (дата обращения: 24.11.2016).

2. Строгонов К. В., Картавец С. В. Жидкая сталь: использование теплоты и скоростная разливка / Строгонов К. В., Картавец С. В. Магнитогорск : МГТУ им. Г. И. Носова, 2006. С. 147.

3. Матвеев С. В. Использование тепловых потерь в электросталеплавильном комплексе для выработки электроэнергии / С. В. Матвеев, Р. В. Захаров, Х. Н. Аловадинова, Е. Г. Нешпоренко, С. В. Картавец // Электротехнические системы и комплексы: междунар. сб. науч. тр. Магнитогорск : МГТУ им. Г. И. Носова, 2013. С. 298-301.

4. Аксенов В. И., Ладыгичев М. Г., Ничкова И. И., Никулин В. А., Кляйн С. Э., Аксенов Е. В. Водное хозяйство промышленных предприятий: справочное издание: в 2-х кн. Кн. 1 / под ред. В. И. Аксенова. М. : Теплотехник, 2005. 640 с.